

UDK: 631.372:669-8

POKAZATELJI AKTIVNE BEZBEDNOSTI POLJOPRIVREDNIH VOZILA

Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Đorđe Antonijević

Mašinski fakultet - Kragujevac

Sadržaj: U ovom radu su diskutovani problemi aktivne bezbednosti poljoprivrednih vozila. Parametri aktivne bezbednosti su definisani sa aspekta stabilnosti i upravljivosti vozila. U ovom smislu, razvijen je model sprega vozila za proučavanje odgovora sistema. Određene su ugaone brzine zaokretanja dva spregnuta vozila, traktora i prikolice, zatim, ugao skretanja traktora, i ugao između prikolice i traktora, pri naglom zaokretanju točka upravljača. Rezultati su prikazani i diskutovani kao baza za razvoj kriterijuma procene aktivne bezbednosti vozila.

Ključne reči: *traktor, prikolica, aktivna bezbednost, model, simulacija*

UVOD

Osnovni zahtevi korišćenja poljoprivrednih vozila i mašina oduvek su bili povećanje radnog učinka i mobilnosti uz očuvanje karakteristika tla i bezbedan rad. Pojam bezbedan rad odnosi se kako na slučaj obavljanja poljoprivrednih operacija tako i na transportne zadatke na terenu i u drumskom saobraćaju. Uopšte posmatrano, pitanja bezbednosti poljoprivredne mehanizacije mogu se svrstati u četiri kategorije: 1/ aktivna, b/ pasivna, c/ kondiciona, e/ ekološka bezbednost, [1]. Aktivna bezbednost podrazumeva sve one mere preduzete u fazama projektovanja, realizacije, korišćenja vozila i mašina u smislu formiranja njihovih potencijalnih svojstava koja će doprineti sprečavanju nezgoda pri radu, [2], [3].

Dobri pokazatelji pasivne bezbednosti, pomenutih vozila, deluju u smislu smanjenja posledica nastalih nezgoda pri radnim i transportnim zadacima uz maksimalnu zaštitu ljudskog faktora i materijalnih dobara. Kondiciona bezbednost definiše zahteve uslova rada ljudskog faktora u pogledu brojnih faktora, kao što su vibracije, buka, vlažnost, toplotne promene itd. Konačno, ekološka bezbednost obuhvata zaštitu bližeg i daljeg okruženja u pogledu opterećenja tla, emisije buke i štetnih produkata radnih procesa.

Cilj ovog rada je isticanje problema aktivne bezbednosti poljoprivrednih traktora i odgovarajućih priključaka, definisanje odgovarajućih pokazatelja, njihovo određivanje i analiza.

UTICAJNI FAKTORI I KARAKTERISTIČNE SPREGE VOZILA

Za korišćenje traktora i drugih samohodnih mašina u poljoprivredi karakteristično je to da rade najčešće na nepovoljnim terenima različitog reljefa i karakteristika tla. Da su spregnuti sa radnim priključcima za obavljanje različitih operacija u određenom opsegu izmene brzine kretanja i pri tome zahtevaju dodatne mase u vidu balasta, protiv tereta i slično. Pri tome, položaj centra masa vozila, tako zvani centar gravitacije, kao pokazatelj podužne i bočne stabilnosti, menja se sa promenom tereta i njegove visine, nagiba terena, režima zaokretanja u kombinaciji sa brzinom kretanja. Svi ovi faktori pojedinačno i u mogućim kombinacijama, deluju nepovoljno na stabilnost formiranih radnih skupova i u krajnjem rezultatu na nivo njihove bezbednosti, [5].

Imajući u vidu različite uslove, moguće režime rada i kretanja, kao i brojne kombinacije vučnog vozila i određenog priključka, može se zaključiti da fabrički optimirana varijanta vučnog vozila – traktora ili njegove kombinacije sa određenim priključkom, radnim ili transportnim ne znači i rešenje svih mogućih slučajeva koji se mogu sresti u praksi. Ovo tim pre, što uz uticaje usled sprežavanja traktora sa implementima, različite veličine, oblika, mase, radnog principa, zatim karakteristika terena, izabrane brzine kretanja, može se očekivati i greška ljudskog faktora, kao operatera – rukovaoca.

Polazeći od gore nabrojanih uticajnih faktora u ovom radu smo nastojali, da problem aktivne bezbednosti poljoprivrednih vozila, više rasvetlimo sa aspekta kombinacije načina promene pravca kretanja sa promenom brzine kretanja pri obavljanju transportnih zadataka.

DINAMIČKE KARAKTERISTIKE VOZILA

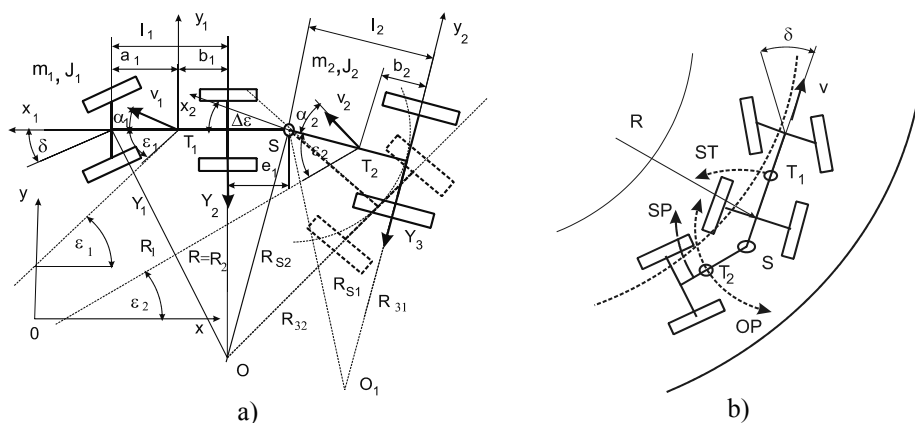
Za analizu dinamičkih karakteristika vozila korišćen je šematski prikaz odgovarajućeg modela na sl. 1. Kao što se vidi, dvo-osovinski traktor i jedno-osovinska prikolica spojeni su zglobovom vezom, na sl. 1, prikazanom tačkom S. Položaj vozila definisan je u koordinatnom sistemu, xoy , a u centrima masa T_1 , T_2 , postavljeni su pokretni koordinatni sistemi, $x_1T_1y_1$, $x_2T_2y_2$.

U opštem slučaju krivolinijskog kretanja, zavisno od uslova i radnih režima, mogu se definisati sledeća stanja: 1/ stacionarno stanje zaokretanja, $R=R_2=\text{const}$, $v=v_1\cos\alpha_1=\text{const}$ – kružna vožnja, 2/ nestacionarno stanje zaokretanja, i to 2.1. $R=\text{const}$, $v\neq\text{const}$ – kružna vožnja, 2.2. $R\neq\text{const}$, $v=\text{const}$ – prelazna krivina, 2.3. $R\neq\text{const}$, $v\neq\text{const}$ – prelazna krivina. Pri tome je kao referentni poluprečnik zaokretanja sprega vozila usvojen poluprečnik putanje srednje tačke zadnje osovine traktora, $R=R_2$, a referentna brzina kretanja je podužna komponenta brzine traktora, $v=v_1\cos\alpha_1$.

Relacija, $\tan\delta=l_1/R$, prema sl. 1, dovodi u vezu promenu poluprečnika zaokretanja sprega vozila, R i ekvivalentnog ugla zaokretanja prednjih točkova traktora, δ , uz pretpostavku bočno krutih točkova. U ovom smislu, uz moguće kombinacije, parametara, R , v , koji definišu krivolinijska stanja kretanja, gore prikazana, mogu se u analize uvesti i karakteristični zakoni zaokretanja upravljačkih točkova: 1/ tipična kratkotrajna i nagla dejstva na točak upravljača i to 1.1. impulsno, izazvano

kratkotrajnom pobudom, iznenadnom preprekom na putu, i slično, 1. 2. odskočna, step funkcija – karakteristična pri režimima promene saobraćajne trake, ulaska ili izlaska iz kružne krivine i slično, 2/ tipična dugotrajna i kontinualna dejstva na točak upravljača, dakle, zaokretanje prednjih točkova po određenom zakonu. Dva karakteristična primera, koja se koriste i pri ispitivanju vozila su zakon sinusne funkcije i slučajna funkcija.

Stabilna stanja krivolinijskog kretanja sprega vozila postižu se pri zahtevanim kinematskim i dinamičkim uslovima, pre svega pri zajedničkom trenutnom polu obrtanja, tačka O, na sl. 1, uz adekvatnu kombinaciju parametara, R , v , δ . Ovaj zahtev se može približno ispuniti pri kretanju u kružnoj krivini i uslovima, $R=\text{const}$, $v=\text{const}$. Svi ostali, gore navedeni primeri kombinacije parametara kretanja, pri kojima postoji odstupanje položaja trenutnog pola obrtanja prikolice O_1 u odnosu na pol obrtanja traktora, O, definišu prelazne, nestacionarne režime i isti bitno utiču na aktivnu bezbednost posmatranog sprega vozila.

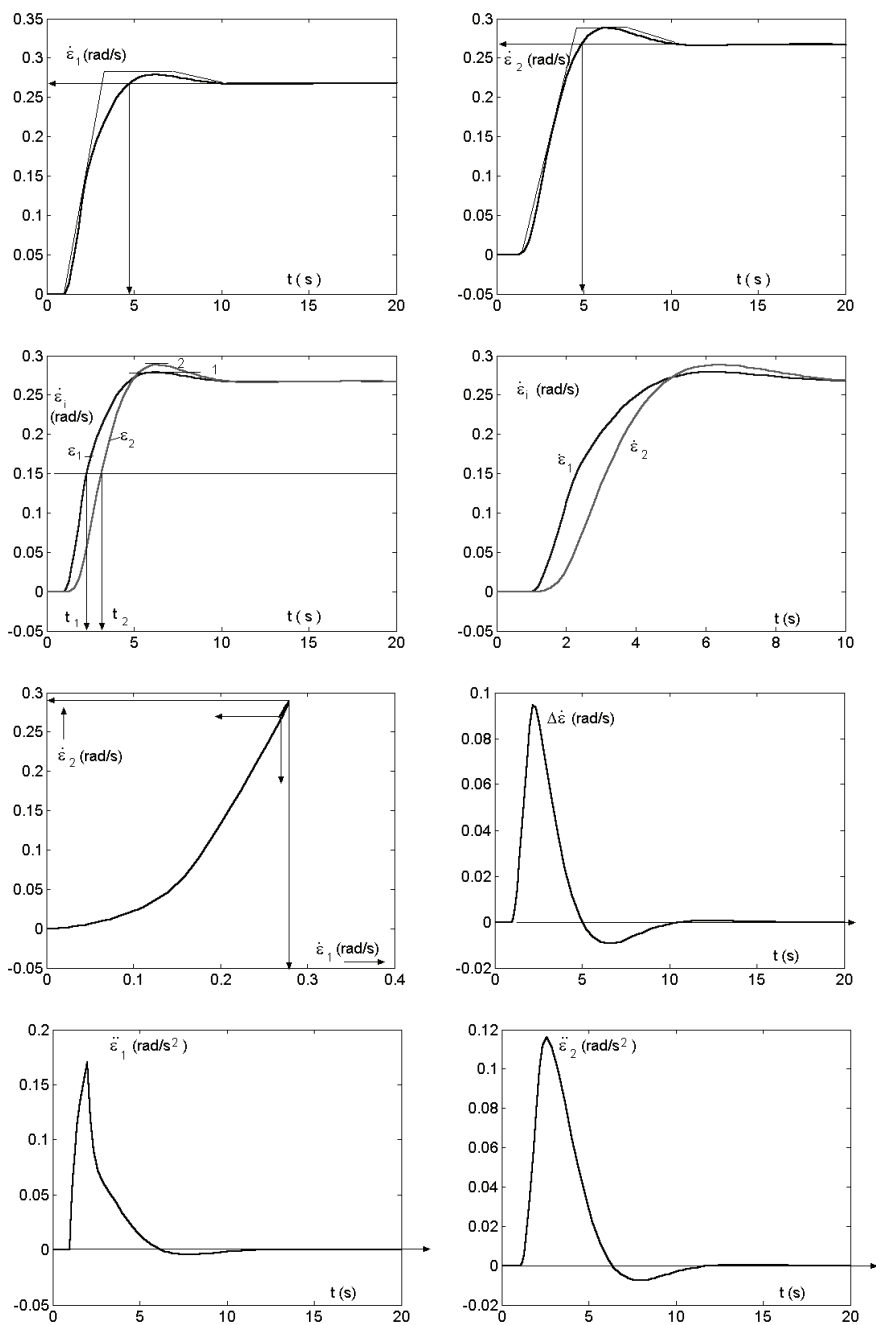


Sl. 1. a, b. Šematski prikaz kretanja traktora i prikolice u krivini.

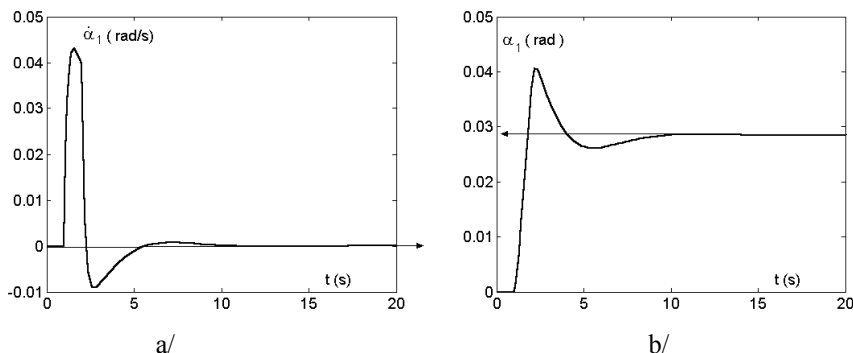
Karakteristična nestabilna stanja kretanja sprega vozila - traktora i prikolice, prikazana su na sl. 2, kako sledi prema oznakama, a/ nedozvoljeno ugaono i bočno odstupanje traktora, ST, b/ nedozvoljeno ugaono i bočno odstupanje prikolice, SP, c/ pojačane bočne oscilacije prikolice, OP. Ovim pojavama prekoračenja odstupanja i pojačanja prelaznih procesa treba dodati i veća fazna kašnjenja odgovora vozila u odnosu na dejstvo vozača preko komande upravljača, kao i mogućnost potpune blokade sprege vozila u krajnjim položajima koja može izazvati njihovo trenutno prevrtanje. Neke od nabrojanih pojava smo analizirali u ovom radu na osnovu rezultata simulacije karakterističnih režima kretanja.

REZULTATI

Na slikama 2 i 3, prikazani su rezultati simulacije kretanja traktora i prikolice odnosa masa 1.5, pri naglom zaokretanju upravljačkih točkova ugaonom brzinom 0.25 rad/s i pri brzini translatornog kretanja 25 km/h, [5].



Sl. 2. Pokazatelji prelaznih režima kretanja traktora i prikolice.



Sl. 3. Pokazatelji prelaznih režima kretanja traktora i prikolice, a/ ugaona brzina skretanja traktora, b/ ugao skretanja traktora.

Prikazi na sl. 2, s leva na desno i odozgo na dole, pokazuju vremenske promene ugaone brzine traktora i prikolice, kao prve izvode ugaonih koordinata, ε_1 i ε_2 , označene na sl. 1, zatim, njihovo poređenje u intervalu 20 sekundi i intervalu 10 sekundi. Dalje je data, uzajamna zavisnost ovih ugaonih brzina i njihova razlika. I na kraju, odgovarajuća ugaona ubrzanja. Sa svih ovih prikaza evidentno je vremensko kašnjenje odgovora prikolice na dejstvo preko točka upravljača u odnosu na odgovor traktora, a osim toga i pojačane bočne oscilacije za vreme prelaznih režima kretanja. Takođe se sa prikaza može videti, da se nakon prelaznih režima, na primer, pri ulasku u krivinu, uspostavlja stabilno stacionarno stanje, za datu kombinaciju konstruktivnih parametara vozila, uslova i režima kretanja.

Na sl. 3, prikazane su vremenske promene ugaone brzine skretanja traktora i odgovarajućeg ugla, koji zaklapa vektor brzine sa podužnom osom, ugaona koordinata označena na sl. 1, sa α_1 . Ovaj pokazatelj prelaznih režima kretanja bitno zavisi od karakteristika ugrađenih pneumatika posmatranog sprega vozila, i utiče na odnose bočnog i ugaonog odstupanja vozila od zadate putanje kretanja. Prema prikazu na sl. 3 a, b, može se zaključiti, da se nakon prelaznog režima kretanja vozila, ustali vrednost ugla skretanja, α_1 , što znači vektor brzine zauzme konstantan položaj u odnosu na podužnu osu traktora, što je bitno za odnose stabilnog kretanja, [6].

Variranjem relevantnih parametara u simulacionim proračunima, prema programu razvijenom u ovom radu, dolazi se do graničnih režima stabilnog kretanja, koji su u ovom slučaju definisani kao pokazatelji aktivne bezbednosti analiziranih kombinacija sprege vozila.

ZAKLJUČAK

Aktivna bezbednost poljoprivrednih vozila predstavlja značajan segment istraživanja u fazama njihovog razvoja, projektovanja, izvedbe i korišćenja. Specifične funkcije ovih vozila i nepovoljni radni uslovi u značajnom stepenu usložnjavaju proučavanje uticajnih faktora na pokazatelje aktivne bezbednosti. Međutim, značajan doprinos u tom pogledu se može postići ako se pitanja aktivne bezbednosti poljoprivrednih vozila posmatraju sa aspekta pokazatelja njihove upravljivosti i

stabilnosti kretanja. Uz odgovarajuće kombinacije konstruktivnih parametara sprega vozila, sa parametrima uslova i režima kretanja identifikuju se dinamičke karakteristike do graničnih stabilnih režima kretanja, kako je pokazano na primerima simulacionih proračuna u ovom radu, na osnovu kojih se mogu definisati pokazatelji aktivne bezbednosti sa specifikacijom uticajnih faktora.

LITERATURA

- [1] Radonjić R., Radonjić D.: Prilog problemima ispitivanja stabilnosti kretanja traktora. Traktori i pogonske mašine, Vol. 4, No 4, 1999, Novi Sad.
- [2] Barskij I.: Dinamika traktora. Mašinstroenie, 1973.
- [3] Gligorević K., Oljača M., Ružičić L., Radojević R., Pajić M.: Uticaj elektronskih sistema na stabilnost vanputnih vozila. Poljoprivredna tehnika, br. 3, 2007.
- [4] CLAAS, FENDT, prospektni materijal, 2009, 2010.
- [5] Wong J.: Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, Newyork, 1995.
- [6] Radonjić R.: Razvoj metoda za ispitivanje upravljivosti i stabilnosti kretanja traktora. Traktori i pogonske mašine, br.4, 2003, Novi Sad.

THE PARAMETERS OF AGRICULTURAL VEHICLE ACTIVE SAFETY

Rajko Radonjić, Aleksandra Janković, Đorđe Antonijević

Mechanical Faculty - Kragujevac

Abstract: In this paper the problems of the agricultural vehicle active safety are discussed. The parameters of active safety are defined with respect to vehicle stability and controllability. In this sense a vehicle train model has been developed to study system response. The yaw rates of the two vehicle units, tractor and trailer, then, the sideslip angle of tractor and articulation angle tractor – trailer at step steering input is determined. The results are presented and discussed as base to development of the vehicle safety assessment criterion.

Key words: tractor, trailer, active safety, model, simulation.